

Olores y sabores de cacao (*Theobroma cacao* L.) venezolanos obtenidos usando un panel de catación entrenado

Smells and flavors of Venezuelan cocoa (*Theobroma cacao* L.) obtained using a trained tasting panel

Gladys RAMOS¹, Néstor GONZÁLEZ²✉, Alexis ZAMBRANO³ y Álvaro GÓMEZ¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida (INIA-Mérida). Avenida Urdaneta, Apartado Postal 425 Ipostel, Mérida, Estado Mérida, 5101-A, Venezuela; ²Laboratorio de Fitosanidad Forestal (LAFIFOR), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, 5101 y ³Laboratorio de Investigaciones y Análisis Químico, Industrial y Agropecuario (LIAQIA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. Mérida 5101.
E-mail: nestorenriquez@hotmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 05/03/2013 Fin de primer arbitraje: 02/08/2013 Primera revisión recibida: 09/10/2013
Fin de segundo arbitraje: 15/10/2013 Segunda revisión recibida: 20/10/2013 Aceptado: 20/10/2013

RESUMEN

La evaluación sensorial implica el empleo y desarrollo de principios y métodos para medir la respuesta humana hacia productos e ingredientes incluyendo los alimentos. El concepto subyacente es el ser humano como evaluador para la obtención de descriptores que sustenten la calidad de un alimento. El objetivo del presente trabajo fue entrenar un panel de catación y desarrollar de una rueda de olores y sabores de licores de cacao venezolanos de la siguiente manera: a) Una entrevista personal de los candidatos b) Una evaluación de los umbrales de detección de sabores básicos y de las sensaciones de astringencia y picor. c) Determinación de umbrales de diferencia. Los candidatos seleccionados integraron tres paneles independientes en los estados Mérida, Zulia y Aragua, en Venezuela y fueron entrenados en la identificación de 70 olores con el objetivo de catar licores referenciales, comerciales y de clones selectos. Los panelistas identificaron descriptores de cacao venezolanos típicos, lo que permitió el desarrollo de una rueda de olores y sabores por perfiles. Los olores a nuez, almendra, madera, granos verdes, licor, vitaminas, yogurt, hierba fresca, caramelo, jugo de caña, panela, malta, flores de naranjo, canela, chocolate y sabores tales como aceite, humo, alcohol, cacao, café tostado, cítricos, chocolate, especiado, floral, frutos secos, frutos fermentados, lácteos maní y medicamento, son típicos de cacao venezolanos debido a su amplio espectro aromático lo cual es una consecuencia directa de la variabilidad genética presente en Venezuela. Esta propuesta busca establecer la especificidad por tipo, zona y calidades de cacao.

Palabras clave: cacao, sabor, licor de cacao, rueda de olores, rueda de sabores.

ABSTRACT

Sensory evaluation involves development and use of principles and methods for measuring human responses of products and ingredients including food. The concept underlying this task is the use of humans as evaluators in order to obtain descriptors to assess food quality. The aim of the present work is to develop a cocoa smells and flavor wheel from Venezuelan cocoa liquors according to the following way: a) A personal interview to panel candidates. b) An evaluation of the detection thresholds of basic tastes with inclusion of the astringent and pungent sensations. c) A determination of difference thresholds. Following these steps, the selected candidates integrated three independent taste panels in the Venezuelan states of Mérida, Zulia and Aragua, and were trained in the identification of 70 flavors with regard to taste referential, commercial and Venezuelan clones. At the end, the panelists could identify typical Venezuelan cocoa liquors descriptors which allowed us the development of a cocoa smells and flavors wheel. The aromas found: nutty, almond, wood, green beans, liquor, vitamins, yogurt, fresh grass, caramel, sugar cane juice, brown sugar, malt, orange blossom, cinnamon, chocolate and flavorings like oil, smoking, alcohol, cocoa, roasted coffee, citrus, chocolate, spicy, floral, dried fruits, fermented fruits, dairy, peanuts and medicine, are typical of Venezuelan cocoa due to its aromatic spectrum, which is a consequence of the cocoa genetic variety present in this country. This proposal seeks to establish the specificity by type and region and distinguish between cocoa qualities.

Key words: cocoa, flavor, cocoa liquor, smells wheel, wheel of flavors.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie de la familia Malvaceae (Argout *et al.*, 2011) *sensu lato* (Alverson *et al.*, 1999; Sousa y Figueira, 2005). El cacao se originó como una especie de árbol del bosque tropical lluvioso, cuyo origen se ubica en la cuenca amazónica superior (Bartley, 2005); información apoyada por hallazgos de una gran diversidad genética en cacao proveniente de esa región, evidenciada mediante técnicas enzimáticas y de biología molecular (Laurent *et al.*, 1994; Motamayor *et al.*, 2002; Sereno *et al.*, 2006). Tradicionalmente se han reconocido tres grupos morfogeográficos diferentes dentro de la especie, basados en el origen genético, morfología, tamaño, color y sabor, denominados Criollo, Trinitario y Forastero. Sin embargo, Motamayor *et al.* (2008) sugieren que estas tres denominaciones deberían ser ampliadas a 10 grupos principales, de acuerdo a su agrupamiento en igual número de clústeres, según los resultados originados por análisis de marcadores microsatélites.

El cacao era conocido por los nativos cuando Cristóbal Colón llegó a las costas de Venezuela, no obstante, es difícil establecer el inicio de las plantaciones en el país. Históricamente, se sabe que entre 1638 y 1650, la corona española exoneró de tributos a las exportaciones de cacao para estimular el cultivo del mismo en la Venezuela colonial (Fuentes y Hernández, 1993), pues desde entonces ya se reconocía su calidad. Globalmente, Venezuela es un productor secundario, pero su cacao se caracteriza por poseer un material genético de gran calidad, como es el cacao Criollo, lo que permite destacar al país como uno de los principales países productores de cacao fino de aroma, siendo la zona Sur del Lago de Maracaibo el mayor productor de cacao Criollo.

La evaluación sensorial es una disciplina que permite medir, analizar e interpretar las reacciones ante aquellas propiedades que caracterizan a ciertos productos alimenticios y materiales, tal y como se perciben a través de los sentidos (Fortín y Desplancke, 2001). Con el fin de describir y medir algunas de las características físicas y sensoriales relevantes del cacao, se han creado y entrenado paneles de cata que puedan determinar los atributos y defectos del mismo a través de sus licores, como una herramienta de control de calidad al final del proceso de transformación del producto (cosecha, fermentación, secado, almacenamiento y tostado) (Fadel *et al.*, 2006).

Existe una necesidad de protocolos y normas dentro de la industria del cacao que puedan utilizarse adecuadamente para distinguir entre cacao finos y ordinarios o corrientes, tanto en la cadena de comercialización como en las distintas líneas de investigación, sobre todo en países donde se tiene una producción mixta de los diferentes tipos de cacao (Sukha *et al.*, 2008).

Es difícil definir propiedades de sabor y aroma del cacao en las etapas de producción y comercialización desde la cosecha hasta la producción de chocolate. En este sentido, se requiere distinguir las características de aroma y sabor del cacao hasta la etapa previa de la producción de chocolate, como una herramienta de control de calidad. Actualmente, los protocolos utilizados por los fabricantes de chocolate sólo identifican defectos específicos en cacao en grano y licores, tales como, el sobretostado, sabor ahumado y mohoso, quedando sin respuesta los perfiles de sabor, principalmente los relacionados a sabores frutales y florales. Thamke *et al.*, 2009 señalan que en la literatura es raro encontrar trabajos respecto al vocabulario sensorial para la evaluación de chocolates oscuros. No es de sorprender, la ausencia de un vocabulario adecuado en la evaluación sensorial del cacao y sus licores.

Una forma de evaluar las diferencias de un producto consiste en realizar una serie de comparaciones pareadas en similitud y diferencia percibida por diferentes personas; sin embargo, el empleo de comparaciones pareadas requiere de tiempos prolongados, lo que hace que al aumentar las diferencias entre los panelistas, aumente el número de comparaciones; esto implica el requerimiento de una herramienta que proporcione de manera simple y rápida un producto, que basado en una escala de valores, permita su diferenciación en el tiempo, de una manera consistente y de bajo costo (García *et al.*, 2011). Resultados de esta naturaleza, facilitarían la creación de mapas del producto, con datos descriptivos donde además de evaluar su consistencia en el tiempo, permitan determinar factores de suma importancia como el beneficio poscosecha del cacao, la contaminación por factores externos después de éste y la consistencia y reproducibilidad de la percepción del panel de cata.

Se ha encontrado que los aromas y sabores específicos del cacao, son generados por procesos enzimáticos que se producen durante el beneficio poscosecha de los granos, donde una sucesión de

microorganismos contribuyen con el desarrollo de los compuestos de aroma y sabor o sus precursores (Schwan *et al.*, 1995). Del mismo modo, una gran cantidad de estos compuestos se desarrollan gracias a las condiciones de pH y temperatura que se generan en el seno de la fermentación; asimismo, otros componentes son generados durante el proceso de tostado o incrementan su concentración en esta etapa (Brunetto *et al.*, 2009) y al mismo tiempo se detienen actividades enzimáticas importantes como por ejemplo la de la polifenoloxidasas (Reeves *et al.*, 1988). Alrededor de 400 especies químicas han sido aisladas e identificadas, fundamentalmente pirazinas (2,3-dimetil-pirazina; 2,5-dimetil-pirazina; 2,6-dimetil-pirazina; 2,3,5-trimetilpirazina; 2,3,5,6-tetrametil-pirazina; 2-etil-3,5-dimetil-pirazina; 2-metil-6-vinil-pirazina), tiazoles, oxazoles, terpenos (linalol), furanos, aldehídos (benzaldehído), ácidos (ácidos acético, ácido cítrico, ácido butírico, ácido láctico), entre otros (Portillo *et al.*, 2009; Misnawi y Ariza, 2011). En este sentido, se hace difícil saber qué componentes son realmente importantes y cuáles no lo son. No todos los componentes individuales identificados pueden considerarse como compuestos de aroma significativos, puesto que el impacto del aroma depende de la concentración de los compuestos que los genera y su consistencia durante la evaluación sensorial, es decir, la intensidad del estímulo; del mismo modo, el umbral del catador influye directamente sobre su aceptación o rechazo como compuesto de aroma y sabor (Serra-Bonvehí, 2005).

Desde el punto de vista instrumental, la química analítica ha jugado un papel fundamental en la determinación de los compuestos asociados a los olores y sabor de los alimentos, donde el cacao ha sido uno de los productos más estudiados. Se han desarrollado una gran cantidad de procedimientos que involucran técnicas como cromatografía de gases (CG), cromatografía líquida, UV-visible y polarografía, entre otras, donde indudablemente la CG con detección de masas es la más empleada por su precisión y exactitud (Summa *et al.*, 2006; Brunetto *et al.*, 2009; Bertazzo *et al.*, 2011). No obstante, sigue siendo el sentido del gusto y olfato del humano el mejor instrumento de identificación de aromas y sabores. Por esta razón, tanto a nivel industrial como de investigación, un panel de cata es la pieza clave en el control de calidad (Murray *et al.*, 2001; Reineccius, 2006; Reed, 2010).

El objetivo principal de este trabajo fue entrenar un panel de catación y desarrollar una rueda de olores y sabores, a partir de licores de cacao

seleccionados de las principales regiones productoras de Venezuela, con el fin de clasificar los cacao evaluados y discernir entre el tipo, calidad del beneficio poscosecha y el proceso de torrefacción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedencia de las muestras de cacao

Todas las muestras fueron seleccionadas considerando la trayectoria de las diferentes unidades de producción u organismos oficiales asociados al cacao. Las muestras de cacao Criollo Guasare y Criollo Mérida se obtuvieron del banco de germoplasma de cacao Criollo del Campo Experimental San Juan de Lagunillas perteneciente al INIA-Mérida. Por otra parte, las muestras de cacao de Tucaní correspondieron a muestras comerciales de las empresas AFB Cacao & Café, Agropecuaria APROCAO C.A. y de la plantación del productor Jaime Paredes, establecidas en la zona. El cacao Criollo Porcelana fue recolectado en la Estación Experimental de Corpozulia, km 41, vía Santa Bárbara del Zulia. Las muestras de cacao de la zona central, provinieron de muestras comerciales de las haciendas de Chuao, Chorón y Ocumare de la Costa, consideradas como cacao Trinitarios. Mientras que en el estado Sucre se seleccionaron cacao de unidades de producción vinculadas a organizaciones cacaoteras de la Península de Paria, donde se eligieron las fincas de los productores Leonardo Zorrilla, denominada Nao y Esneider Martínez (en Santa Isabel, Río Caribe, municipio Arismendi) y Francisco Fajardo y Pilar Reyes (Yaguaraparo, municipio Cajigal). Todas las muestras, se seleccionaron de plantaciones establecidas, de unidades de producción con más de 15 años de tradición cacaotera, donde se cumplen las labores poscosecha de fermentación y secado.

Las muestras se trasladaron al Campo Experimental San Juan de Lagunillas del INIA-Mérida, donde se prepararon los licores de cacao, usando 500 g de cacao para cada licor, los cuales se almacenaron a -20 °C, hasta su análisis sensorial, de acuerdo al método propuesto por Sukha *et al.* (2008). La preparación de los licores de cacao, se siguió de acuerdo al método propuesto por Clapperton *et al.* (1994), considerando factores como el tipo de cacao, tamaño del grano y manejo poscosecha. Usando 280 licores diferentes durante el entrenamiento y analizando una muestra a la vez. Los licores fueron codificados con números de tres dígitos, los cuales hacen referencia a la muestra de cacao a estudiar, la

fecha de evaluación y sección de cata asignados por el responsable de la prueba, tal como lo sugieren Sukha *et al.* (2008) y Torricella Morales y Huerta Espinosa (2008) y evaluados por triplicado.

Sala de cata y análisis sensorial

La sala de análisis sensorial, se instaló en el Campo Experimental San Juan de Lagunillas, la cual cumplía con los requisitos de la norma ISO 8589 (ISO, 1988), la misma, especifica evitar condiciones ambientales que interfieran en la respuesta de los catadores. Además, dicha evaluación debe realizarse independientemente, sin comunicación entre los panelistas. Asimismo, la sala de cata tuvo adecuada luminosidad, humedad relativa y temperatura. Al momento de realizar la evaluación sensorial, por un tiempo no mayor a 10 min, cada catador debió contar con una cucharilla para el licor fundido, el cual se tomó a partir de muestras madres mantenidas en baño de María entre 40 y 45 °C, además de los siguientes materiales: un plato con galletas de soda sin sal, agua mineral ad libitum, un resumidero, servilletas y una cartilla de preguntas para cada muestra de licor, sin informar a los catadores sobre la naturaleza de las muestras.

El análisis sensorial de licores de cacao se realizó utilizando un panel de catadores seleccionados y entrenados para dicha evaluación. La formación del panel de catadores se realizó en tres etapas básicas (Torricella Morales y Huerta Espinoza, 2008; NTP-ISO, 2008 y Sukha *et al.*, 2008).

a) **Reclutamiento:** el reclutamiento de los candidatos se efectuó mediante un cuestionario, donde los potenciales panelistas conocieron la dinámica de la cata, así como el vocabulario sensorial de uso común en esta actividad. Con esta información se realizó una preselección, rechazando a los candidatos con poco interés en el ensayo, escaso tiempo disponible, fumadores en exceso, alérgicos a los aromas en general y a los constituyentes del cacao y sus derivados en particular. Las exigencias de las condiciones fisiológicas y psicológicas de los precandidatos no fueron muy rigurosas, ya que cualquier persona puede desarrollar esta actividad dentro de parámetros normales, siendo los principales aspectos a considerar; tener buena salud, interés personal y la disposición de tiempo para el ensayo. A los interesados se les realizó la siguiente encuesta, la cual es una modificación de la publicada por Loyola *et al.* (2008): 1. ¿Le gustaría colaborar en trabajos respecto al cacao? 2. ¿Considera que este ensayo

puede ser importante para mejorar la calidad del cacao venezolano en nuestro país y el comercio internacional de éste?, ¿Por qué? 3. En este ensayo se deben probar licores de cacao de distinta fuente y tenor, ¿Le desagradaría hacerlo? 4. ¿Le gustaría comparar su habilidad olfato-gustativa con la de sus compañeros? 5. ¿Tiene tiempo disponible durante el período en que durarán las sesiones? 6. ¿Fuma usted?, en caso de ser positiva su respuesta, ¿Cuántos cigarrillos diarios? 7. ¿Sufre de constantes alergias que afecten sus vías respiratorias superiores? 8. ¿Sufre de intolerancia a las grasas?, ¿Alguna otra intolerancia? 9. ¿Sufre de alergias a los aromas en general o a los constituyentes del cacao y sus derivados en particular? 10. Por motivos religiosos o de salud, ¿Es usted abstemio? 11. Por motivos religiosos o de salud, ¿Tiene prohibido el consumo de cacao? 12. ¿Considera que este trabajo debería ser retribuido?, ¿Cómo?.

b) **Selección:** En una primera etapa, se realizaron evaluaciones de muestras de sabores básicos utilizando soluciones acuosas, a saber: dulce (sacarosa 10 g/L), amargo (cloruro de quinina 0,144 g/L), salado (cloruro de sodio 1,6 g/L), ácido (ácido cítrico 0,5 g/L), umami (glutamato monosódico 0,6 g/L) y la sensación de astringencia (ácido maleico 0,5 g/L). Del mismo modo, sabores asociados a atributos de licores de cacao (frutal y floral) en dilución de 1:250 del sabor a cola y naranja (Serra-Bonvehí, 2005; Sukha *et al.*, 2008). Adicionalmente, se realizó la identificación del picor usando polvo de ají en agua. En todos los casos, se determinó en los participantes el umbral de percepción a través de diluciones seriadas, con un mínimo de seis catadores, además de contar con un director de cata y dos técnicos para la preparación de licores de cacao.

c) **Entrenamiento:** los objetivos de esta etapa fueron: 1) Familiarizar al catador con la metodología, en lo que respecta a las variantes olfato-gustativas. 2) Incrementar la habilidad individual para reconocer, identificar y cuantificar los atributos sensoriales. 3) Mejorar la sensibilidad y la memoria sensorial para conseguir juicios consistentes. Durante este proceso, se evaluaron las sensaciones producidas por los licores de cacao, tanto en lo que respecta a la intensidad de atributos, tales como: sabores a cacao, floral, frutal, panela, malta, nuez y ácido (frutal) como también en las posibles intensidades de defectos, tales como: astringencia, amargor, acidez (avinagrado), sobretostado, semillas verdes y picor. Las muestras a evaluar consistieron en alícuotas de aproximadamente 1,0 mL de licor de cacao sobre una

cucharilla y degustado por 20 s aproximadamente. Los panelistas tenían la opción de descartar o tragar la muestra. Para limpiar o aclarar la boca, se emplearon galletas de soda sin sal y agua mineral a temperatura ambiente, previamente seleccionada por el panel de cata, manteniendo las mismas marcas comerciales y evaluadas antes de cada sesión de trabajo. La optimización del panel se realizó con una muestra de licor de cacao de Ghana, el cual se usó como muestra de referencia del sabor a cacao.

Para las condiciones del ensayo, el catador debió cumplir con ciertas normas, tales como, la abstención de fumar al menos 30 min antes del ensayo, no utilizar perfumes, cosméticos o jabón cuyo olor persistiera en el momento del ensayo y no ingerir alimento al menos 60 minutos antes de la cata (Watts *et al.*, 1992). Se citó a los participantes a las 9 am y a las 3 pm. Previo a cada sesión se aclaró cualquier duda en cuanto a la realización de los ensayos, sin sugerir ningún tipo de opinión acerca de las muestras que pudiera interferir en su decisión. Las sesiones tuvieron un máximo de 6 muestras con un estimado de 10 min por muestra analizada. Después de un descanso de 30 min, se procedió a terminar la jornada para continuar con el mismo esquema en la tarde. Cabe resaltar que en las diferentes evaluaciones realizadas se incluyeron distintos tipos de licores, con características particulares como sabor a cacao, ácido, amargo, afrutado, floral, ahumado, sobretostado y otros, provenientes de países como Ghana, Papúa Nueva Guinea, Ecuador, Trinidad y Tobago, entre otros, como muestras de “referencia” establecidas previamente por paneles similares, con escala desde cero hasta 10 en intervalos de 0,5 de acuerdo al procedimiento propuesto por Clapperton *et al.* (1994) y Sukha *et al.*, 2008.

Análisis estadístico

Para los análisis de varianza y comparación de medias de los perfiles obtenidos en este trabajo, se utilizó el modelo lineal generalizado (GLM) de Statistical Analysis Software (SAS, 1985) en todas las licores de cacao evaluados, a través de la prueba de comparación de medias. Para la comparación de medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey. El análisis se llevó a cabo con un nivel de confianza del 95 %. Además, se empleó el programa Excel 2007 (Microsoft Office 2007) para el desarrollo de los gráficos radiales de las evaluaciones sensoriales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rueda de aromas y de sabores

Un factor importante considerado fue la intensidad del sabor, el cual es determinante tanto para atributos como para defectos (BCCCA, 1996). Se logró con el panel de cata, una reproducibilidad en todas las características analizadas. Los panelistas identificaron descriptores en muestras de licores de cacao venezolanos, lo que permitió el desarrollo de la rueda de olores y sabores. Los sabores a nuez, almendra, madera, granos verdes, licor, vitaminas, yogurt, hierba fresca, caramelo, jugo de caña, panela, malta, flores de naranja, canela, chocolate y olores tales como: aceite, humo, alcohol, cacao, café tostado, cítricos, chocolate, especiado, floral, frutos secos, frutos fermentados, lácteos, maní y medicamentos. Algunos de los cuales coinciden con los resultados del “Project to determine the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine and bulk cocoa” (Amores, *et al.*, 2007). En este sentido, se obtuvo una gama de aromas, sabores y sensaciones que han permitido redescubrir el amplio espectro aromático de los cacao venezolanos, como consecuencia de la inmensa variedad genética presente en el país.

También se logró diferenciar e identificar, cacao mal fermentados, bien fermentados, adecuadamente tostados, sobretostados, crudos, ahumados, entre otros, a través del entrenamiento del panel de catación y la obtención e intercambio de muestras de licores con dichas características en el marco del “Project to determine the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine and bulk cocoa”. Con estos resultados, se propone que la clasificación de los licores de cacao, no sólo debe tener sus bases en la determinación de índices químicos, sino también en una valoración sensorial con un panel de cata debidamente seleccionado y entrenado. Resultados similares consiguieron Sukha *et al.* (2008) en muestras de cacao Trinitario con una muestra referencial de cacao ordinario de Ghana, mediante un panel de cata de seis participantes pero sin la obtención de una rueda de olores y sabores, tales como sabor a nuez, cacao, panela, malta, sobretostado, ácido, dulce, salado, amargo, madera, granos verdes y la sensación de astringencia. En la Figura 1, se presenta el modelo propuesto de rueda de olores para cacao venezolanos, la cual consiste en un agrupamiento por familias (clasificación general) y subfamilias hasta lograr un ordenamiento específico

al cual pertenece un aroma de acuerdo al panel de cata.

Por otra parte, en la Figura 2, se presenta el modelo de rueda de sabores propuesto para cacaos venezolanos, la cual, del mismo modo que la rueda de olores, implica una clasificación de los sabores (atributos y defectos) del cacao en un agrupamiento por familias (clasificación general) y subfamilias hasta un ordenamiento específico al cual pertenece un sabor de acuerdo al panel de cata.

La obtención de las dos ruedas antes ilustradas, podría ampliar el estudio sensorial del

cacao venezolano; en este sentido, se realizó la evaluación sensorial de los cacaos más representativos en las zonas productoras de occidente, centro y oriente del país, donde se han incluido muestras de cacaos Criollos, Trinitarios y Forasteros, provenientes de unidades de producción privadas y parcelas experimentales.

A nivel internacional existen diferentes protocolos para la preparación de muestras de cacao en evaluación sensorial y la forma en que se llevan a cabo estos ejercicios de evaluación, varía entre los institutos de investigación de cacao y en la industria del chocolate. Además, el vocabulario utilizado en

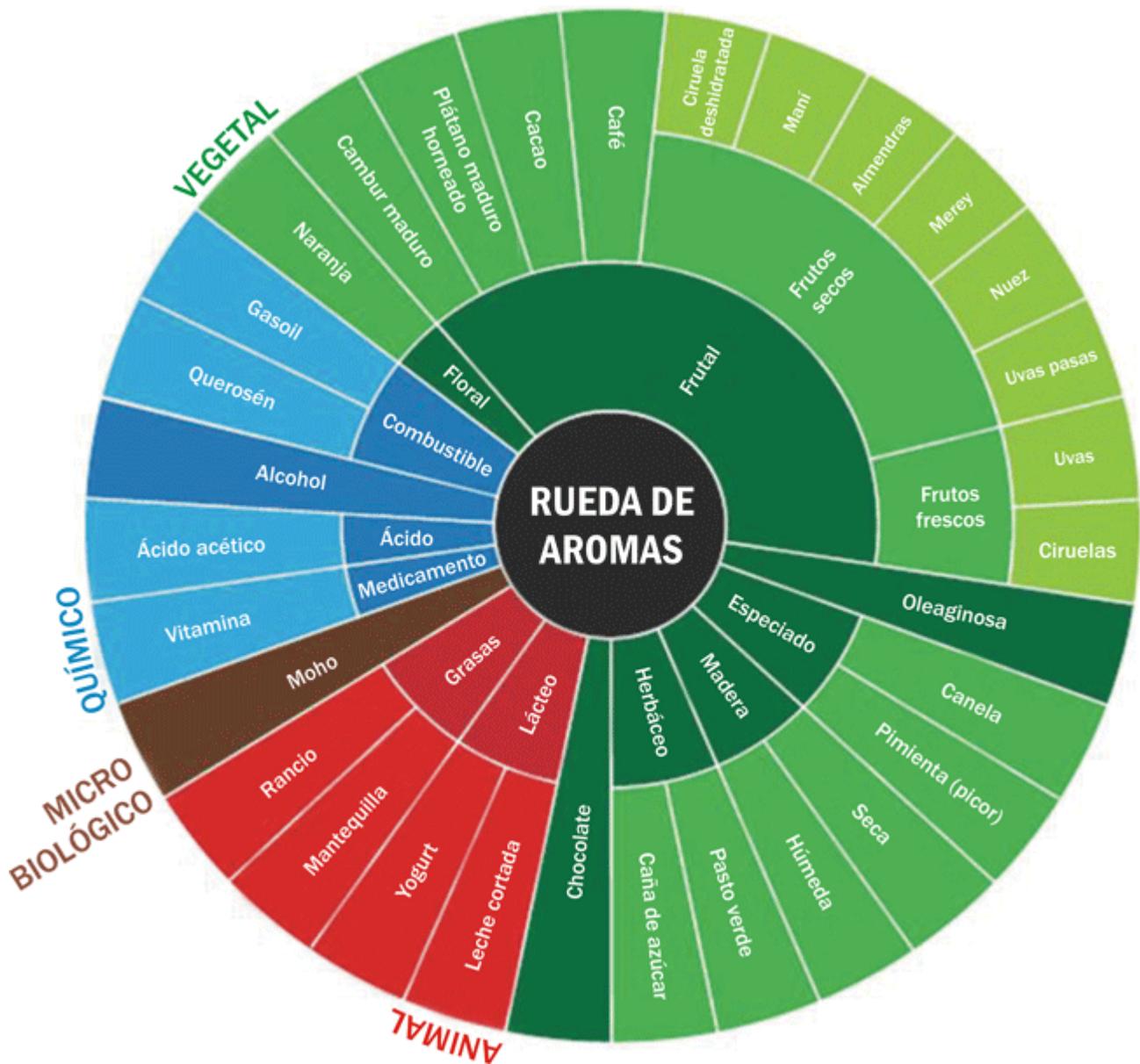


Figura 1. Rueda de olores propuesta para cacaos venezolanos. Se incluye un agrupamiento por familias (clasificación general) y subfamilias (clasificación específica) de los aromas particulares identificados por el panel.

ejercicios de evaluación sensorial también difiere entre países, fundamentalmente por la identificación y asociación de atributos del cacao, asociados a productos particulares en cada región, por lo que se requiere de un protocolo estándar para la evaluación de los olores y sabores del cacao, tanto por región como de forma general.

Evaluación sensorial de cacaos venezolanos

A continuación, se presentan los perfiles sensoriales de los licores de cacaos estudiados con el panel de catación, de acuerdo al procedimiento antes expuesto en las tres zonas de mayor producción de

cacao en Venezuela como son el oriente, centro y occidente del país.

Región Los Andes occidentales y Zulia

En la Figura 3, se presenta el perfil sensorial del cacao Criollo Guasare (sembrado en el estado Mérida) en dos fermentaciones durante el primer y segundo ciclo de cosecha del año 2006. En ambos casos se observa que los mejores atributos del cacao Criollo Guasare fueron el sabor a nueces, panela o malta y un moderado sabor afrutado, además, se aprecia que presenta de medio a bajos valores de sabores herbal, ácido y amargo. En los dos ciclos de

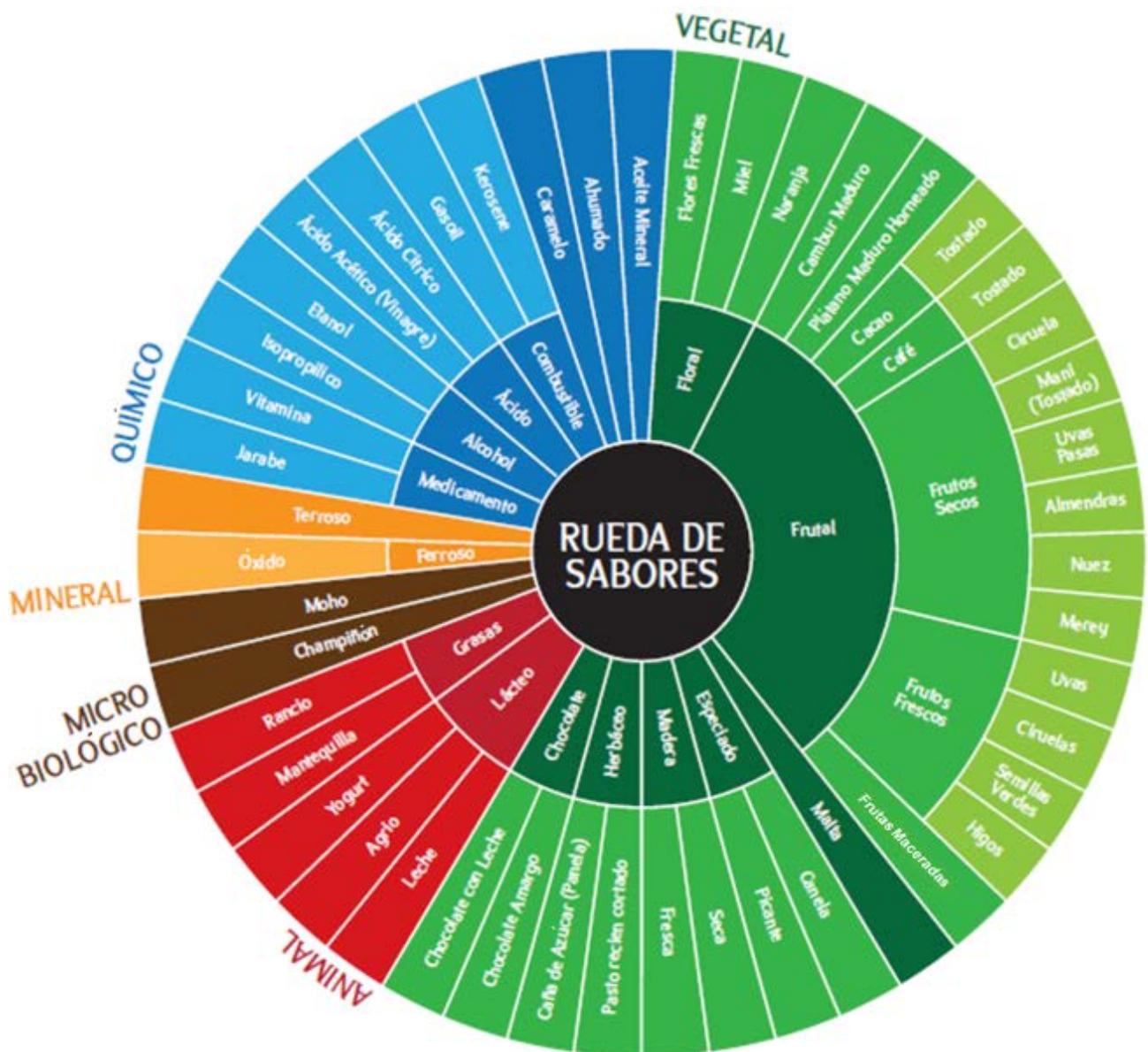


Figura 2. Rueda de sabores propuesta para cacaos venezolanos. Se incluye un agrupamiento por familias (clasificación general) y subfamilias (clasificación específica) de los sabores particulares identificados por el panel.

cosecha estudiados, el defecto identificado como crudo/verde fue casi nulo, lo que indica que el cacao se fermentó correctamente. En esta evaluación existe diferencias significativas entre los dos ciclos de cosecha ($p < 0,05$), lo que indica que el periodo de cosecha en el año de estudio afectó las características del material evaluado. Respecto a los atributos de panela o malta, nueces y afrutado, aun cuando el valor sea moderado, la presencia en sí de estas características son un factor importante en la calidad del cacao Criollo.

En la Figura 4 se presenta el perfil sensorial del cacao Criollo Mérida, el cual se caracteriza por poseer sabores a nueces, panela o malta y poco sabor herbal y ácido, con valores muy bajos de crudo/verde señalados como defectos por insuficiente fermentación (Portillo *et al.*, 2006). La evaluación se ha realizado durante un mismo ciclo de cosecha en dos repeticiones (1era y 2da fermentación). En la 1era fermentación se consiguió que el sabor panela o malta predomina, seguido del sabor a nuez, herbal y ácido con un bajo sabor a verde, lo que indica que la fermentación es adecuada (Rivera *et al.*, 2012). Por otra parte, en la 2da fermentación el sabor ácido se aprecia más intenso (aunque bajo), el cual posiblemente puede estar asociado al sabor frutal que se destaca en esta fermentación, este resultado coincide con los obtenidos por Zambrano *et al.* (2010) respecto a la acidez titulable. En esta evaluación se han conseguido diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos fermentaciones, en todos los atributos y entre panelistas, lo cual indica la diversidad de sabores y olores desarrollados en la fermentación y secado, lo cual podría estar asociado a la diversidad microbiana presente en el medio (Made y Grahán

2003; Camu *et al.*, 2008). No obstante, en las dos repeticiones se puede decir que la fermentación se desarrolló adecuadamente, producto de esto es la baja astringencia obtenida en ambos casos, sin mostrar diferencias significativas en esta sensación (Rivera *et al.*, 2012).

Con un comportamiento similar a los cacaos Criollos antes señalados, en la Figura 5 se observa el perfil sensorial del cacao Criollo Porcelana (procedente de la Estación Chama de Corpozulia), durante el primer y segundo ciclo de cosecha (I CC y II CC), respectivamente. En términos generales, en los dos ciclos de cosecha los sabores a nueces y panela o malta son los más relevantes, mientras que el resto de los sabores se mantienen por debajo de los valores medios al igual que los defectos de astringencia, amargo y ácido. Se observa un ligero sabor herbal, con diferencia significativa entre los dos ciclos de cosecha ($p < 0,05$). Además, se tienen valores bajos de sabor herbal, muy bajos de floral y no se consiguió el sabor crudo/verde. Resultados similares obtuvieron Frauendorfer y Schieberle (2008) en muestras de cacao Criollo, donde se destacó el sabor a malta tanto en cacao tostado y sin tostar. Aunque en los dos ciclos de cosecha se destacan estas características propias del cacao Criollo Porcelana, durante el segundo ciclo de cosecha se ha obtenido mayor expresión de sus sabores, lo cual podría estar asociado a la época de cosecha, que a su vez está vinculada con la período de sequía (I ciclo de cosecha) y período de lluvia (II ciclo de cosecha).

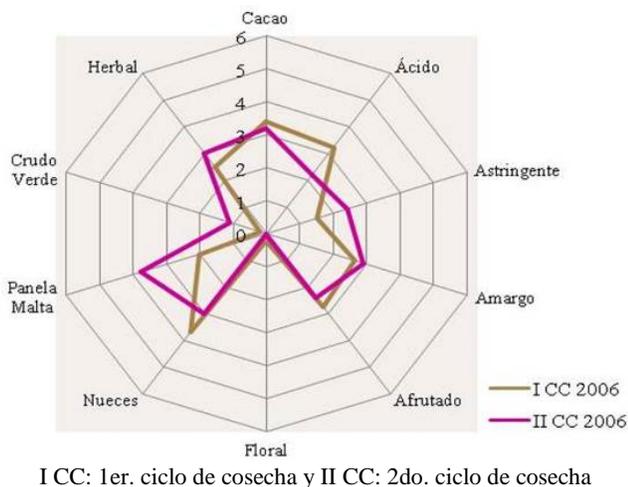


Figura 3. Perfil sensorial del cacao Criollo Guasare, durante los dos ciclos de cosecha del año 2006.

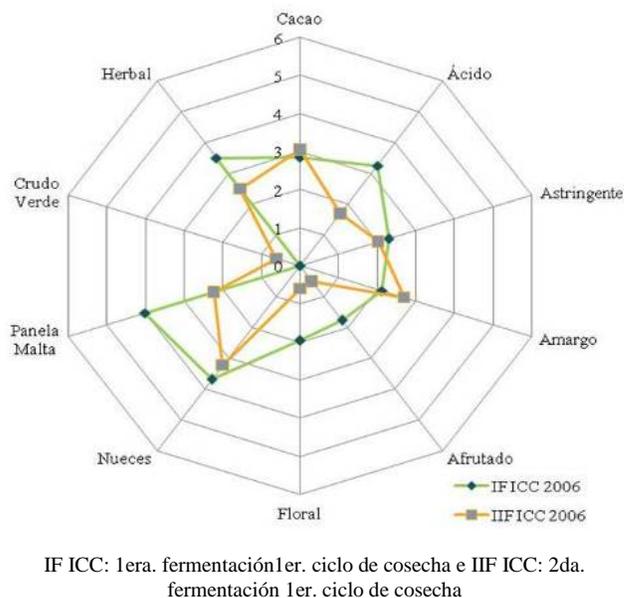


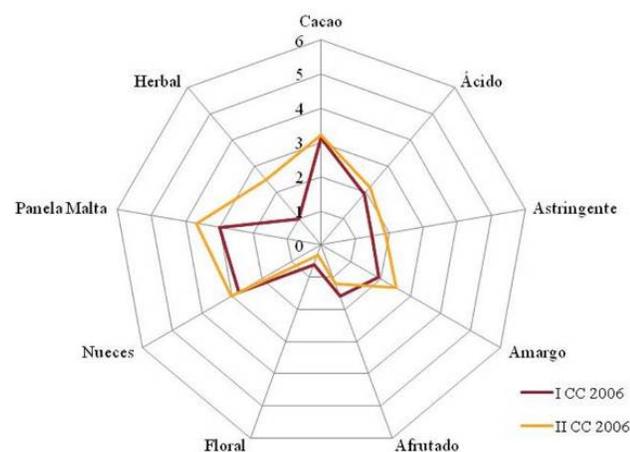
Figura 4. Perfil sensorial del cacao Criollo Mérida, en dos fermentaciones en el primer ciclo de cosecha del año 2006.

Siguiendo con la evaluación de cacaos del occidente venezolano, en la Figura 6 se presenta el perfil sensorial de tres muestras de cacao producido en Tucaní (municipio Caracciolo Parra y Olmedo del estado Mérida). Las muestras corresponden a un productor independiente (Jaime Paredes) y dos empresas nacionales con representación en la zona (AFB Cacao & Café, Agropecuaria APROCAO C.A.). En todos los casos se observan valores intermedios de acidez, astringencia y amargor. En el caso de las muestras comerciales no se observan diferencias significativas ($p > 0,05$) en la evaluación, lo que indica que las dos empresas, básicamente adquieren el mismo cacao comercial en la zona. Por otra parte, la muestra de Jaime Paredes es diferente a las muestras de cacao comercial. En este sentido, se destaca el sabor a cacao, nuez y ácido, con una valor bajo de la astringencia y amargor, lo que indica que la muestra es sometida a un proceso poscosecha adecuado (Zambrano *et al.*, 2010).

Asimismo, se observa mayor intensidad en el sabor a crudo/verde, propio de cacaos comerciales donde puede haber un ligero porcentaje de semillas sin fermentar o insuficientemente fermentadas (Afoakwa *et al.*, 2012). Las características de la muestra de cacao de Jaime Paredes, siendo un cacao Forastero, son muy importantes, posiblemente por el cruce de la plantación con materiales del tipo Criollo propio de la zona, obteniéndose plantaciones de cacaos híbridos.

Región Central (costera)

Del mismo modo, se evaluaron muestras de cacaos de la zona centro costera del país. Se



I CC: 1er. ciclo de cosecha y II CC: 2do. ciclo de cosecha.

Figura 5. Perfil sensorial del cacao Criollo Porcelana durante los dos ciclos de cosecha del año 2006.

estudiaron muestras de cacao fermentado de Chuao (municipio Santiago Mariño del estado Aragua) durante dos años consecutivos (Figura 7). En esta evaluación existen diferencias significativas ($p < 0,05$) para los atributos panela o malta, nueces y maní en función de los años de estudio. En este caso, se observó que la segunda muestra (2006) se destacó por un reducido sabor amargo, menor astringencia, pérdida de acidez y sabor a maní e incremento del sabor a nuez y panela o malta. Dicho carácter puede estar asociado a factores ambientales y de manejo poscosecha (Cros, 2000; Brito *et al.*, 2000).

Continuando con la evaluación sensorial de algunos cacaos de la franja centro costera, en la Figura 8 se presenta el perfil sensorial de dos muestras de cacaos producidos en la Parroquia Choróni (municipio Girardot del estado Aragua) bajo diferentes manejos poscosecha, una de ellas sin fermentar (corriente) y la otra fermentada. La muestra fermentada presentó una menor intensidad de los sabores de amargor, acidez, herbal y la sensación de astringencia. Los resultados muestran que sólo para los sabores herbal y crudo-verde, las diferencias son significativas ($p < 0,05$), lo que demuestra que la fermentación juega un papel fundamental en el desarrollo del aroma y sabor del cacao (Brito *et al.*, 2000; Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009). Estos defectos (sabor a crudo-verde, amargor, acidez y astringencia) atribuidos a la no fermentación, opacan la apreciación de los atributos del cacao, como por ejemplo el sabor a frutas (ausente en esta evaluación en el cacao corriente) y resaltan la astringencia y amargor del cacao, por efecto de la concentración de polifenoles y purinas presentes en el cacao (Hii *et al.*, 2009). En ambos casos, no existen diferencias significativas

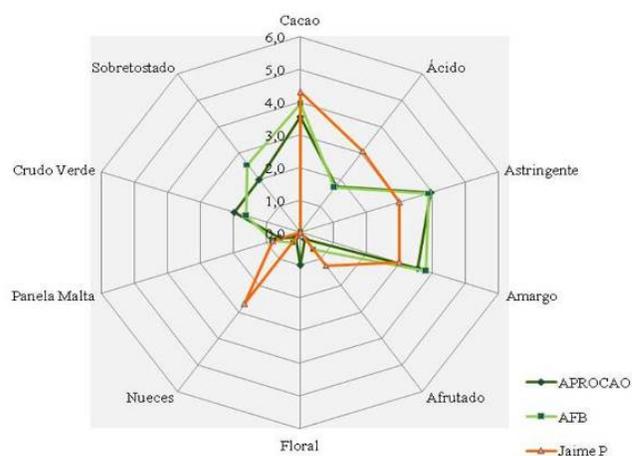


Figura 6. Perfil sensorial de 3 muestras de cacaos comerciales de Tucaní, municipio Caracciolo Parra y Olmedo, estado Mérida.

respecto al sabor a nuez. Este comportamiento también lo observaron Summa *et al.* (2006) al evaluar el efecto del tostado de los compuestos de aroma y sabor en semillas de cacao. En este sentido, evaluaciones de esta naturaleza confirman que el aroma del cacao está relacionado principalmente al proceso de fermentación y tostado (Cros, 2000; Brito *et al.*, 2000; Luna *et al.*, 2002).

Del mismo modo, se valoraron dos muestras comerciales, corrientes de centros de acopio de la zona, seleccionadas al azar entre los productores y comercializadores de cacao fermentado de la Parroquia Ocumare de la Costa (municipio Ocumare de la Costa de Oro del estado Aragua). Las muestras destacaron un elevado sabor a cacao y diferencias significativas ($p < 0,05$) en los sabores estudiados en los dos tipos de cacaos (Figura 9). En términos generales no existen atributos relevantes que destaquen el aroma y sabor del cacao de la zona, donde comúnmente se consiguen cacaos Trinitarios (Parra *et al.*, 2002; Osorio *et al.*, 2003), donde se deberían destacar los sabores a frutas y flores (Cros, 2000 y Sukha *et al.*, 2008). Por otra parte, en ambas muestras se presentaron sabores a ácido y amargo moderados además de la sensación de astringencia, factores que están asociados al manejo postcosecha, fundamentalmente una deficiente fermentación (Portillo *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2009). Finalmente, en los tres cacaos de la zona centro costera, en todos los casos se observa que el sabor verde y herbal son muy bajos.

Región Nor-Oriental

Finalmente, se estudiaron algunos cacaos del oriente de Venezuela. En la Figura 10 se presenta el perfil sensorial de dos muestras del cacao de Río Caribe. Se encontró que estas muestras presentaron una elevada intensidad de sabor a cacao, que según (Sukha *et al.*, 2008) es un atributo característico de los cacaos Forasteros estudiados. Las muestras se vieron favorecidas por un significativo aporte de sabor a nuez en las dos muestras y panela o malta en el cacao de Esneider Martínez lo que desde el punto de vista sensorial, indiscutiblemente mejora sus atributos, poco común en cacaos Forasteros por ejemplo el cacao de Ghana o Brasil (Bonvehí, 2005). Se consiguió que la muestra del productor Esneider Martínez, mostró un mejor desarrollo del sabor del cacao evaluado, respecto al cacao del productor Leonardo Zorrilla (Nao).

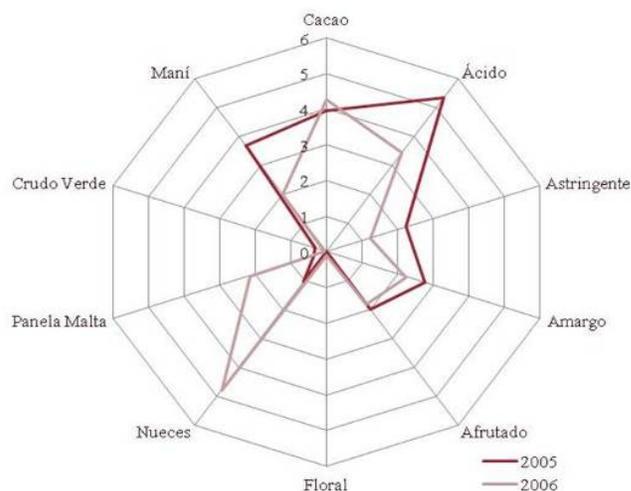


Figura 7. Perfil sensorial de 2 muestras de cacao de Chuao, estado Aragua, durante los años 2005 y 2006.

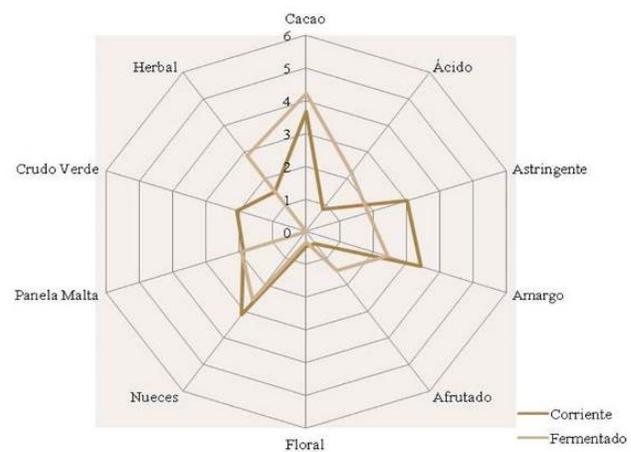


Figura 8. Perfil sensorial de dos muestras de cacaos con y sin fermentación de Choróní, estado Aragua.

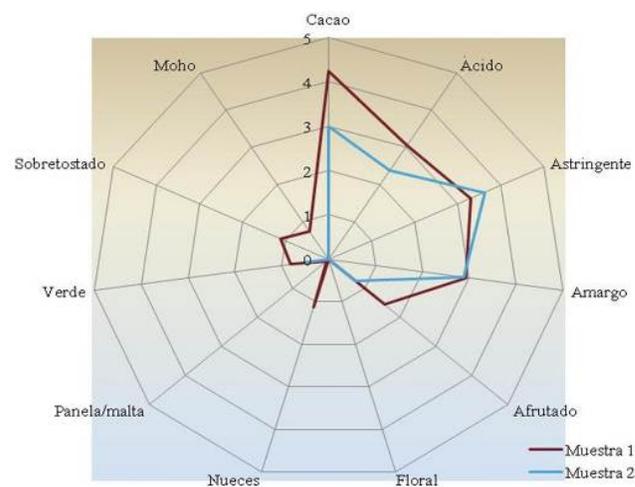


Figura 9. Perfil sensorial de dos muestras comerciales de cacaos fermentados de Ocumare de la Costa, estado Aragua.

Del mismo modo, se evaluaron cacaos de Yaguaraparo estado Sucre, a través de dos muestras comerciales de productores independientes seleccionados al azar (Figura 11). En los licores evaluados existe un aporte importante de sabor floral en la muestra del productor Francisco Fajardo, con diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto a la muestra de Pilar Reyes, atributo característico en cacaos Forasteros (Sukha *et al.*, 2008), también se presentan algunos defectos en ambas muestras tales como, una fuerte astringencia, amargor y sabor a semillas crudas o verdes, propios de cacaos no fermentados (Portillo *et al.*, 2006; Camu *et al.*, 2008). Los resultados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los atributos y defectos de las

distintas muestras de los productores Francisco Fajardo y Pilar Reyes, siendo esta última quien presenta mayor intensidad de sabores indeseados (amargo, crudo-verde y la sensación de astringencia).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se logró la formación y entrenamiento de un panel de cata para evaluaciones sensoriales de cacaos venezolanos. En este sentido, la importancia de este tipo de análisis, puede ser utilizada como herramienta de control de calidad, para la identificación de atributos y defectos percibidos. Éstos resultados han permitido redescubrir los sabores y olores del cacao venezolano, lo que demuestra que el país cuenta con un recurso genético y valioso con un amplio e interesante campo de investigación.

CONCLUSIONES

Con los descriptores identificados en el presente estudio, se propone por vez primera una rueda de clasificación de olores y sabores para el cacao venezolano, la cual va a permitir discriminar nuestros cacaos por tipos y calidad para finalmente llegar a establecer sus prototipos.

Los olores a nuez, almendra, madera, granos verdes, licor, medicamentos, yogurt, hierba fresca, caramelo, jugo de caña, panela, malta, flores de naranja, canela, chocolate y sabores tales como aceite, humo, alcohol, cacao, café tostado, cítricos, chocolate, especiado, floral, frutos secos, frutos fermentados, lácteos maní y medicamentos, son típicos de cacaos venezolanos. Se evaluaron características de los cacaos de diferentes regiones cacaoteras de Venezuela y bajo diferentes condiciones de manejo poscosecha, logrando diferenciar licores con excelentes atributos así como también licores con defectos.

LITERATURA CITADA

Afoakwa, E. O.; J. Quao, F. S. Takrama, A. S. Budu and F. K. Saalia. 2012. Changes in total polyphenols, o-diphenols and anthocyanin concentrations during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Food Research Journal*, 19 (3): 1071-1077.

Alverson, W. S.; B. A. Whitlock, R. Nyffeler, C. Bayer and D. A. Baum. 1999. Phylogeny of the core



Figura 10. Perfil sensorial de 2 muestras comerciales de cacaos Forasteros de Río Caribe, estado Sucre.

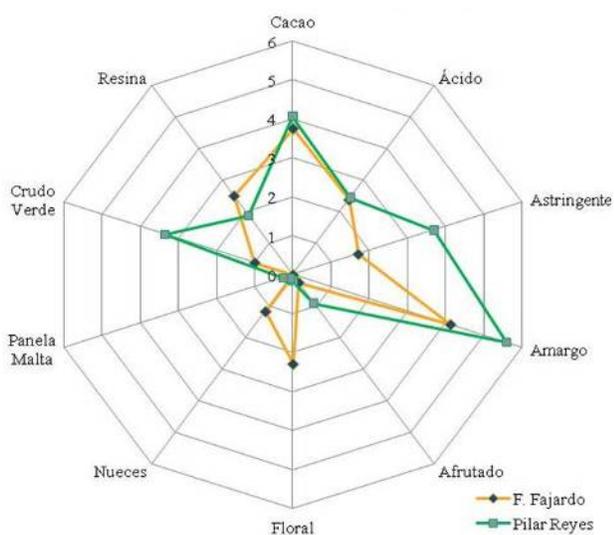


Figura 11. Perfil sensorial de 2 muestras comerciales de cacaos Forasteros de Yaguaraparo, estado Sucre.

- malvales: evidence from NDHF sequence data. *American Journal of Botany* 86 (10): 1474-1486.
- Amores, F.; D. Butler, G. Ramos, D. Sukha, S. Espín, A. Gómez, A. Zambrano, N. Hollywood, E. Van Loon and E. Seguíne. 2007. Project to determine the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine and bulk cocoa. EX/134/10, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Quevedo, Ecuador. 16 p.
- Argout, X.; J. Salse, J. M. Aury, M. J. Guiltinan, G. Droc, J. Gouzy, M. Allegre, C. Chaparro, T. Legavre, S. N. Maximova, M. Abrouk, F. Murat, O. Fouet, J. Poulain, M. Ruiz, Y. Roguet, M. Rodier Goud, J. F. Barbosa Neto, F. Sabot, D. Kudrna, J. S. Ammiraju, S. C. Schuster, J. E. Carlson, E. Sallet, T. Schiex, A. Dievart, M. Kramer, L. Gelley, Z. Shi, A. Bérard, C. Viot, M. Boccara, A. M. Risterucci, V. Guignon, X. Sabau, M. J. Axtell, Z. Ma, Y. Zhang, S. Brown, M. Bourge, W. Golser, X. Song, D. Clement, R. Rivallan, M. Tahí, J. M. Akaza, B. Pitollat, K. Gramacho, A. D'Hont, D. Brunel, D. Infante, I. Kebe, P. Costet, R. Wing, W. R. McCombie, E. Guiderdoni, F. Quetier, O. Panaud, P. Wincker, S. Bocs and C. Lanaud. 2011. The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Genetics* 43 (2): 101-108.
- Bartley, B. G. D. 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom. 354 p.
- Bertazzo, A.; S. Comai, I. Brunato, M. Zancato and C. V. L. Costa. 2011. The content of protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in *Theobroma cacao* beans. *Food Chemistry*. 124 (1): 93-96.
- Biscuit, Cake, Chocolate and Confectionery Alliance (BCCCA). 1996. Cocoa beans. Chocolate manufacturers' quality requirements.. 4th Ed. United Kingdom. p. 2-27.
- Bonvehí, S. J. 2005. Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder. *European Food Research and Technology* 221: 19-29.
- Brito, E. S.; G. N. H. Pezoa, M. I. Gallão, A. L. Cortelazzo, P. S. Fevereiro and M. R. Braga. 2000. Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation, drying and roasting. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81 (2): 281-288.
- Brunetto, M.; C. Y. Delgado, L. Gutiérrez, R. S. Clavijo, Y. Contreras, M. Gallignani, A. Zambrano, A. Gómez and G. Ramos. 2009. Headspace gas chromatography-massspectrometry determination of alkylpyrazines in cocoa liquor samples. *Food Chemistry* 112 (1): 253-257.
- Camu, N.; T. De Winter, S. K. Addo, J. S. Takrama, H. Bernaert and L. De Vuyst. 2008. Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 2288-2297.
- Clapperton, J. F.; S. T. K. Yow, J. Chan and D. H. K. Lim. 1994. Effects of planting materials on flavour. *Cocoa Growers' Bulletin* 48: 47-59.
- Cros, E. 2000. Factores condicionantes de la calidad del cacao. *In: Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria*. Maracay, estado Aragua: FUNDACITE, Aragua. p. 16-32.
- Fadel, H. M.; M. A. Abdel Mageed, A. M. Abdel Samad and S. N. Lotfy. 2006. Cocoa substitute: evaluation of sensory qualities and flavor stability. *European Food Research and Technology*. 223 (1): 125-131.
- Fortín, J. y C. Desplancke. 2001. Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España. p. 1-22.
- Frauentorfer, F. and P. Schieberle. 2008. Changes in key aroma compounds of Criollo cocoa beans during roasting *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (21): 10244-10251.
- Fuentes, C. y D. Hernández. 1993. Cultivos tradicionales de Venezuela. Fundación Bigott. Caracas, Venezuela. 263 p.
- García, C. H.; T. H. Nogueira y E. Ramírez. 2011. Aplicación del efecto sinérgico generado en dinámicas de equipo para el entrenamiento de jueces sensoriales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2 (2): 253-262.
- Hii, C. L.; C. L. Law, S. Suzannah, J. Misnawi and M. Cloke. 2009. Polyphenols in cocoa (*Theobroma*

- cacao* L.). Asian Journal of Food and Agro-Industry 2 (04): 702-722.
- International Organization for Standardization (ISO). 1988. Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms. ISO 8589:1988.
- Laurent, V.; A. M. Risterucci and C. Lanaud. 1994. Genetic diversity in cocoa revealed by cDNA probes. Theoretical and Applied Genetics. 88 (2): 193-198.
- Loyola, L. N.; A. R. López y C. C. Acuña. 2008. Evaluación sensorial y analítica de la calidad de aceite de oliva extra virgen. IDESIA (Chile). 26 (2): 27-44.
- Luna, F.; D. Cruzillat, L. Cirou and P. Bucheli. 2002. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50 (12): 3527-3532.
- Made, M. A. and H. F. Graham. 2003. The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. International Journal of Food Microbiology 86: 87-99.
- Misnawi, J. and B. T. S. Ariza. 2011. Use of gas chromatography-olfactometry in combination with solid phase micro extraction for cocoa liquor aroma analysis. International Food Research Journal 18: 829-835.
- Motamayor, J. C.; A. M. Risterucci, P. A. Lopez, C. F. Ortiz, A. Moreno and C. Lanaud. 2002. Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. Heredity 89 (5): 380-386.
- Motamayor, J. C.; P. Lachenaud, J. W. da Silva e Mota and R. Loor, D. N. Kuhn, J. S. Brown and R. J. Schnell. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). PLoS ONE 3 (10): e3311. 8 p. doi:10.1371/journal.pone.0003311. <http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info:doi/10.1371/journal.pone.0003311&representation=PDF>. Consultado: 06/11/2012.
- Murray, J. M.; C. M. Delahunty and I. A. Baxter. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. Food Research International 34: 461-171.
- Norma Técnica Peruana-International Organization for Standardization (NTP-ISO). NTP 8586-1. 2008. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte 1: Catadores. 1^{ra} Edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, INDECOPI. Lima, Perú. 42 p.
- Ortiz de Bertorelli, L.; L. Graziani de Fariñas y R. L. Gervaise. 2009. Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. Agronomía Tropical 59 (1): 73-79.
- Osorio, M. E.; E. Salazar, A. Y. Zambrano y J. R. Demey. 2003. Diversidad genética de una colección de cacao mediante RAPDS. Agronomía Tropical 53 (1): 5-16.
- Parra, P.; M. González, L. Ortiz, L. Graziani y R. R. Figueroa. 2002. Caracterización de los tipos de cacao Criollo, Trinitario y Forastero de Cumboto, Aragua, mediante patrones electroforéticos de isoenzimas. Agronomía Tropical 52 (3): 277-297.
- Portillo, E.; L. Graziani de Fariñas y E. Cros. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 23: 49-57.
- Portillo, E.; M. Labarca, L. Graziani, E. Cros, S. E. Assemat, F. R. B. Davrieux y M. Marcano. 2009. Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola 9 (2): 458-468.
- Reineccius, G. 2006. Flavor chemistry and flavor technology. Taylor & Francis Group, 2nd Ed. LLC. Boca Raton, Florida, United States of America. 465 p.
- Rivera, F. R.; G. F. Mecías, C. A. Guzmán, G. M. Peña, Q. H. Medina, F. L. Casanova, A. A. Barreray M. P. Nivelá. 2012. Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. Ciencia y Tecnología 5 (1): 7-12.
- Reed, S. 2010. Sensory analysis chocolate licor. The Manufacturing Confectioner. p. 43-52.
- Reeves, S. G.; I. McDowell, K. Behn and J. Dench. 1988. Biochemical studies of cocoa bean *o*-diphenol O₂ oxidoreductase (catechol oxidase). Food Chemistry 29 (3): 209-219.

- Schwan, R. F.; A. H. Rose and R. G. Board. 1995. Microbial fermentation of cocoa beans, with emphasis on enzymatic degradation of the pulp. *Journal of Applied Bacteriology (Symposium Supplement)* 79: 96S-107S.
- Sereno, M. L.; P. S. B. Albuquerque, R. Vencovsky and A. Figueira. 2006. Genetic diversity and natural population structure of cacao (*Theobroma cacao* L.) from the Brazilian Amazon evaluated by microsatellite markers. *Conservation Genetics* 7 (1): 13-24.
- Serra Bonvehí, J. 2005. Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder. *European Food Research and Technology* 221 (1-2): 19-29.
- Sousa, S. C. R. and A. Figueira. 2005. Phylogenetic analysis of *Theobroma* (Sterculiaceae) based on Kunitz-like trypsin inhibitor sequences. *Plant Systematics and Evolution* 250 (1-2): 93-104.
- Statistical Analysis System (SAS). 1985. SAS Institute Inc. Guide for personal computers. 6th edition.
- Sukha, D. A.; D. R. Butler, P. Umaharan and E. Boulton. 2008. The use of an optimised organoleptic assessment protocol to describe and quantify different flavour attributes of cocoa liquors made from Ghana and Trinitario beans. *European Food Research and Technology* 226 (3): 405-413.
- Summa, C.; F. Cordeiro Raposo, J. McCourt, R. L. Scalzo, K. H. Wagner, I. Elmadfa and E. Anklam. 2006. Effect of roasting on the radical scavenging activity of cocoa beans. *European Food Research and Technology* 222 (3-4): 368-375.
- Thamke, I.; K. Dürschmid and H. Rohma. 2009. Sensory description of dark chocolates by consumers. *Food Science and Technology* 42: 534-539.
- Torricella Morales, R. G. y V. M. Huerta Espinosa. 2008. Análisis sensorial aplicado a la restauración. *Antología Puebla*. Instituto Culinario de México, Editorial Universitaria. p. 25-32.
- Watts, B. M.; G. L. Ylimaki, L. E. Jeffery y L. G. Elías. 1992. *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ottawa, Canadá. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. 184 p.
- Zambrano, A.; C. Romero, A. Gómez, G. Ramos, C. Lacruz, M. Brunetto, M. Galignani, L. Gutiérrez e Y. Delgado. 2010. Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Tropical* 60 (2): 211-219.